

Tempo przemiany materii i czynniki na niego wpływające

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Symulacja interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Tempo przemiany materii i czynniki na niego wpływające

Metabolizm, czyli ogół reakcji chemicznych i towarzyszących im przemian energii, zależy jest zarówno od naszego trybu życia, jak i czynników, na które nie mamy wpływu.

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

Każdy z nas różni się budową ciała. Jedni, bez względu na dietę i wysiłek fizyczny, są szczupli, inni zaś mają trudności w utrzymaniu prawidłowej wagi. Za cechy te odpowiedzialne są reakcje zachodzące w każdym organizmie – tzw. procesy przemiany materii, nazywane metabolizmem. Na naszą sylwetkę wpływa tempo tych reakcji. Jakie czynniki mogą je przyspieszać lub hamować?

Twoje cele

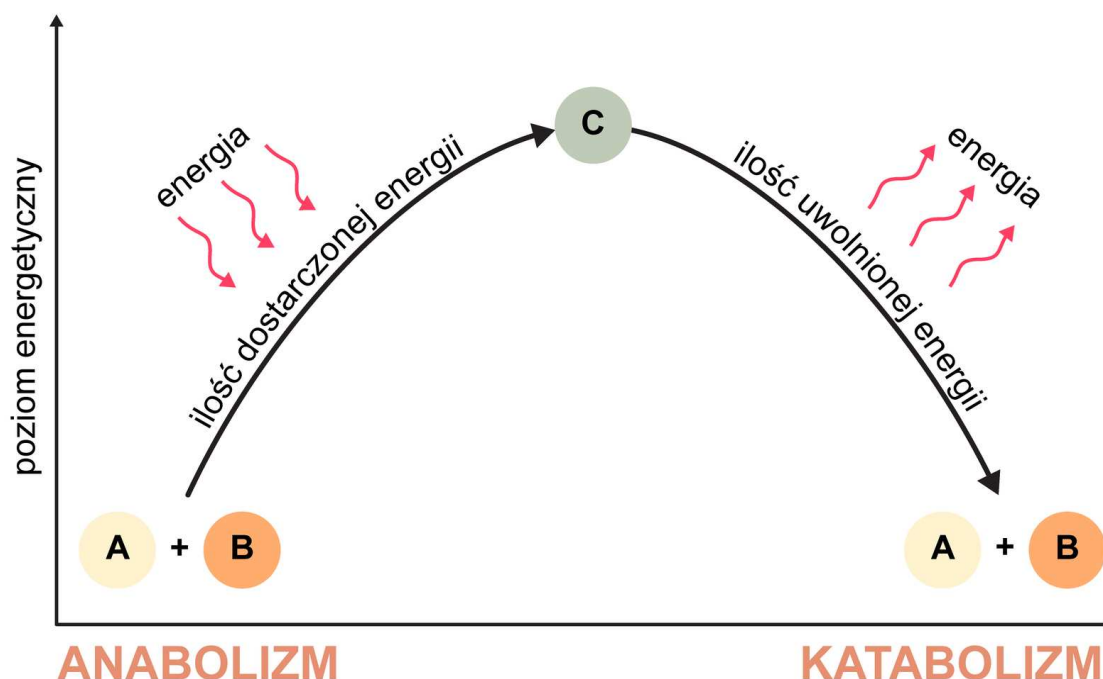
- Omówisz typy reakcji metabolicznych.
- Wyjaśnisz, w jaki sposób oblicza się tempo przemiany materii.
- Wskażesz czynniki wpływające na tempo przemiany materii.
- Przedstawisz sposoby przyspieszenia i spowolnienia przemian metabolicznych.

Przeczytaj

We wszystkich żywych komórkach zachodzą różnorodne reakcje chemiczne: anaboliczne lub kataboliczne, z którymi wiążą się przemiany energetyczne, stanowiące podłoże wszelkich zjawisk biologicznych.

Reakcje anaboliczne, zwane również reakcjami syntezy, wymagają dostarczenia energii w formie ATP. W ich wyniku z prostych związków powstają związki złożone. Przykładami procesów anabolicznych są [glukoneogeneza](#) oraz [glikogenogeneza](#).

W wyniku **reakcji katabolicznych**, określanych również jako reakcje analizy lub rozpadu, energia zmagazynowana w wiązaniach związków złożonych zostaje uwolniona do środowiska w postaci ciepła lub jest wykorzystywana do wykonania pracy. Przykładami procesów katabolicznych są oddychanie tlenowe i beztlenowe oraz fermentacja alkoholowa. [Całkowity wydatek energetyczny](#) (TEE, ang. *total energy expenditure*) – czyli energia (wyrażana w kilokaloriach – kcal) uwalniana podczas reakcji katabolicznych – wykorzystywany jest do wykonania określonej pracy oraz do podtrzymania procesów życiowych. Szybkość zużywania energii w celu utrzymania podstawowych procesów życiowych określana jest jako **tempo przemiany materii** lub tempo metabolizmu.



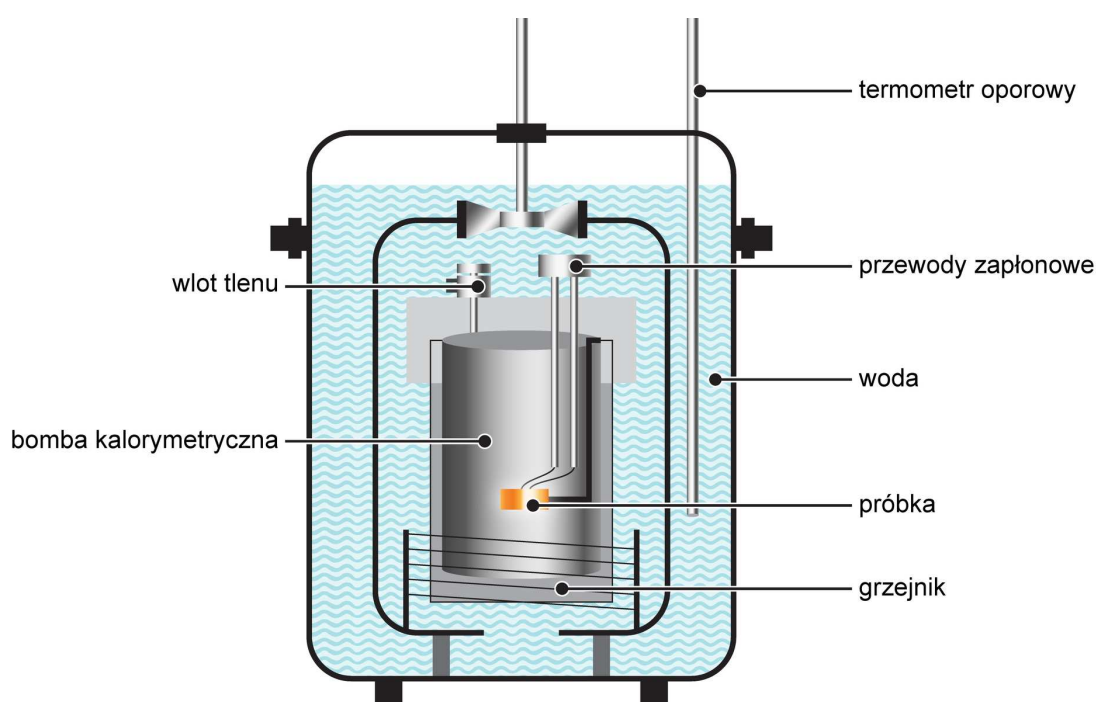
Ciekawostka

Pierwsze długoterminowe badania nad metabolizmem prowadził w 1614 r. włoski lekarz i fizyk Santorio Santorio. Dopiero ponad 100 lat później, w 1780 r., francuski fizyk i chemik Antoine Lavoisier dokonał pomiaru uwalnianej energii w postaci ciepła przez żywe organizmy.

Utrata energii podczas procesów katabolicznych rekompensowana jest poprzez energię dostarczaną wraz z pożywieniem. Jej ilość potrzebna do pokrycia dziennego wydatku energetycznego określana jest jako **dziennie zapotrzebowanie energetyczne**.

Ciekawostka

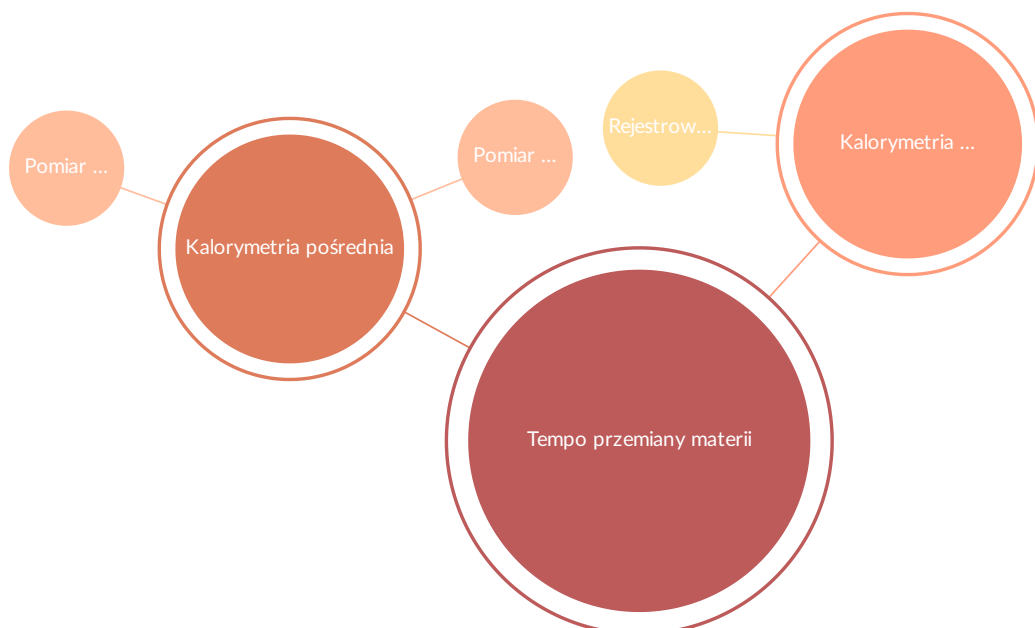
Wartość energetyczna pokarmu mierzona jest za pomocą metody kalorymetrii bezpośredniej. Pożywienie spalane jest w specjalnym urządzeniu zwanym bombą kalorymetryczną (lub bombą Berthelota) umieszczonym w kalorymetrze, czyli urządzeniu służącym do pomiaru ciepła. Ilość uzyskanego ciepła, mierzona w kaloriach (cal) lub kilokaloriach (kcal), określa ilość energii, jaką organizm przyswoi po strawieniu danego produktu.



Ważne!

1 kcal = 1000 cal

Tempo przemiany materii, czyli ilość zużytej energii (wyrażanej w kilokaloriach – kcal) w określonej jednostce czasu, może być mierzone za pomocą kalorymetrii bezpośredniej. Polega ona na zmierzeniu ilości oddawanego ciepła przez organizm człowieka lub zwierzęcia umieszczonego w urządzeniu zwanym kalorymetrem. Wydatek energetyczny człowieka najczęściej mierzony jest za pomocą metod kalorymetrii pośredniej. Należą do nich pomiar zużycia tlenu wykorzystywanego do strawienia pokarmu oraz pomiar produkcji dwutlenku węgla lub stosunku wytwarzanego dwutlenku węgla do pobranego tlenu.



Do oceny tempa przemiany materii najczęściej stosuje się pomiar zużycia tlenu wykorzystanego na strawienie pokarmu. Przyjmuje się, że 1 l tlenu zużywany jest na zmetabolizowanie 4,5–5 kcal na 1 g białka lub węglowodanu oraz 9 kcal na 1 g tłuszczu. Tempo przemiany materii oblicza się wg poniższego wzoru:

$$\text{tempo przemiany materii (kcal/dobę)} = L O_2/\text{dobę} \times \text{kcal}/L O_2$$

gdzie:

$L O_2/\text{dobę}$ – ilość zużytego tlenu w litrach przez dobę

$\text{kcal}/L O_2$ – litr zużytego tlenu

Pomiar tempa przemiany materii wykonuje się również poprzez obliczenie produkcji dwutlenku węgla bądź stosunku wytwarzanego dwutlenku węgla do pobranego tlenu, określanego jako współczynnik oddechowy (RQ, ang. *respiratory quotient*) lub wskaźnik wymiany oddechowej (RER, ang. *respiratory exchange ratio*). Wielkość współczynnika zależy od rodzaju substancji będącej źródłem energii, np. dla diety bogatej w cukry RQ wynosi 1, mieszanej – 0,8, bogatej w tłuszcze – 0,7. Przykładowo dla mężczyzny ważącego 70 kg, którego spoczynkowe zużycie tlenu wynosi 430 l/dobę, $RQ = 0,8$. Oznacza to, że 1 l tlenu zużywany jest na spalenie 4,8 kcal. RQ oblicza się wg poniższego wzoru:

$$RQ = V_{CO_2}/V_{O_2}$$

gdzie:

RQ – współczynnik oddechowy

V_{CO_2} – objętość wydalanego CO_2

V_{O_2} – objętość pobranego O_2

Czynniki wpływające na tempo przemiany materii

1

Tempo metabolizmu zmienia się wraz z porą dnia. Najniższy poziom przemiany materii nazywany jest podstawową przemianą materii – PPM (lub BMR, ang. basal metabolic rate), metabolizmem podstawowym lub podstawowym wydatkiem energetycznym. Ze względu na trudności w jego zmierzeniu podczas snu pomiaru dokonuje się po 12-godzinym spoczynku (na czczo), uzyskując tzw. spoczynkową przemianę materii (RMR, ang. resting metabolic rate). W celu określenia PPM stosuje się wzór Harrisa–Benedicta, różny dla kobiet i mężczyzn:

kobiety: $PPM \text{ (kcal/dobę)} = 665 + (9,6 \times W) + (1,8 \times H) - (4,7 \times A)$

mężczyźni: $PPM \text{ (kcal/dobę)} = 66,4 + (13,7 \times W) + (5 \times H) - (6,7 \times A)$

gdzie: W – masa ciała (kg), H – wzrost (cm), A – wiek (lata)

2

Tempo metabolizmu u zwierząt uzależnione jest m.in. od zdolności utrzymania stałej temperatury ciała, a także od wielkości organizmu. Małe zwierzęta, np. myszy, mają większą częstotliwość oddechów i szybką pracę serca, czego konsekwencją jest duże zużycie tlenu i wysoki poziom metabolizmu. Według

prawa Rubnera intensywność metabolizmu jest odwrotnie proporcjonalna do wielkości zwierzęcia, a wprost proporcjonalna do jego powierzchni. Oznacza to, że małe zwierzęta mają mniejszą masę, ale większą powierzchnię oddawania ciepła na jednostkę masy, w wyniku czego ponoszą one większe straty ciepła niż duże zwierzęta, np. słoń. Ze względu na wpływ temperatury na tempo przemiany materii u zwierząt stałocieplnych PPM mierzy się w określonej temperaturze.

3

Młode organizmy potrzebują energii do wzrostu, dlatego obserwuje się u nich szybsze tempo przemiany materii. Wraz z wiekiem zapotrzebowanie na energię maleje, a metabolizm spowalnia. Tempo przemiany materii zależy również od płci. Dorośli mężczyźni mają wyższy BMR, wynoszący 1,0 kcal/godz./kg, w porównaniu z kobietami, u których wskaźnik ten wynosi 0,9 kcal/godz./kg. Wydatek energetyczny u kobiet podczas ciąży może przewyższać zużywanie energii u mężczyzn.

4

Rozmiar ciała także wpływa na tempo przemiany materii. Znaczenie ma również stosunek tkanki mięśniowej do tłuszczowej. Komórki mięśniowe zużywają więcej O_2 w porównaniu z komórkami tłuszczowymi, dlatego u osób umięśnionych metabolizm przebiega szybciej. Stosunek tkanki mięśniowej do tłuszczowej związany jest też z płcią i wiekiem. U dorosłych mężczyzn występuje większa masa mięśniowa niż u kobiet, dlatego charakteryzuje ich szybsze tempo przemiany materii. Ponadto omówiony wcześniej wpływ wieku na szybkość przemian metabolicznych

może być związany ze zmniejszeniem masy mięśniowej u osób starszych.

5

Tempo metabolizmu jest również uwarunkowane genetyczne oraz hormonalnie. Spośród hormonów największy wpływ na jego tempo mają hormony tarczycy, tj. wolna tyroksyna (FT4) oraz wolna trójiodotyronina (FT3). Wpływają one na PPM, regulując metabolizm białek, węglowodanów i tłuszczów. Niższy poziom tyreotropiny (TSH) hamuje wydzielanie FT3 i FT4, co wpływa na spowolnienie przemiany materii i zmniejszenie zużycia tlenu.

6

Niska temperatura środowiska zewnętrznego powoduje obniżenie temperatury krwi w powierzchniowych warstwach ciała. W konsekwencji u organizmów stałocieplnych aktywowane zostają różne procesy, m.in. termogeneza bezdrżeniowa oraz termogeneza drżeniowa (mimowolny ruch mięśni szkieletowych), podczas których wydzielane jest ciepło, a tym samym dochodzi do przyspieszenia metabolizmu.

7

Aktywność fizyczna jest jednym z dwóch czynników wpływających na tempo metabolizmu, który może być kontrolowany. Wraz ze wzrostem intensywności wykonywanych ćwiczeń zwiększa się tempo metabolizmu. Co więcej, ćwiczenia siłowe wpływają na rozrost tkanki mięśniowej, co jest bezpośrednio związane ze zwiększonym

wykorzystaniem energii pochodzącej z przemian katabolicznych.

8

Dieta jest drugim czynnikiem wpływającym na tempo metabolizmu, który może być kontrolowany. Wysoko przetworzona żywność spowalnia metabolizm. Natomiast prawidłowo zbilansowana dieta pobudza poszczególne organy do pracy, a tym samym wpływa na przyspieszenie reakcji metabolicznych. Dostarczenie odpowiedniej ilości składników odżywczych jest niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu. Jednak ich nadmiar prowadzi do odkładania się energii w komórkach tłuszczowych, tym samym prowadząc do otyłości.

Ciekawostka

Pierwsze wzmianki o otyłości i jej negatywnym wpływie na zdrowie pojawiły się w pracach Hipokratesa (460–375 r. p.n.e.).

W XVII w. otyłość była uznawana za oznakę witalności i płodności, stanowiła również przejaw wysokiego statusu materialnego.

Słownik

anabolizm

ogół reakcji endoenergetycznych, czyli reakcji, które wymagają dostarczenia energii, niezbędnej do syntezy złożonych produktów z prostych substratów

całkowity wydatek energetyczny

TEE (ang. *total energy expenditure*); ilość energii (w kcal) wykorzystywana do wykonania określonej pracy oraz do podtrzymania procesów życiowych

glikogenogeneza

zachodzący w wątrobie proces syntezy glikogenu z glukozy

glukoneogeneza

proces syntezy glukozy z niecukrowcowych prekursorów (np. mleczanu, aminokwasów)

katabolizm

ogół reakcji egzoenergetycznych, czyli reakcji, podczas których uwalniana jest energia pochodząca z rozpadu złożonych związków na proste cząsteczki

metabolizm

ogół reakcji chemicznych zachodzących w organizmach jedno- i wielokomórkowych; niektóre z nich wymagają dostarczania energii w postaci ATP – w ich wyniku powstają złożone związki; inne polegają na uwolnieniu energii zmagazynowanej w wiązaniach chemicznych w wyniku rozpadu złożonych związków

podstawowa przemiana materii – PPM

inaczej metabolizm podstawowy, podstawowy wydatek energetyczny; energia uwalniana podczas reakcji katabolicznych wykorzystywana do podstawowych procesów życiowych oraz wysiłku fizycznego

spoczynkowa przemiana materii

PPM mierzona po 12-godzinny spoczynku (na czczo)

tempo przemiany materii

szybkość zużywania energii (w kcal) wykorzystywanej w celu utrzymania podstawowych procesów życiowych

Symulacja interaktywna

Symulacja 1

Uzupełnij symulację i sprawdź swoją podstawową przemianę materii (PPM) i całkowitą przemianę materii (CPM). Pod symulacją znajdziesz dodatkowe informacje.

masa ciała	wzrost	wiek	pleć
kg	cm	lat	
twoja aktywność fizyczna			
 siedzący tryb życia, bez dodatkowych ćwiczeń fizycznych  siedzący tryb życia oraz niewielka aktywność fizyczna  siedzący tryb życia oraz średnia aktywność fizyczna, lekkie treningi 3 razy w tygodniu  aktywny tryb życia, regularne treningi 5-7 razy w tygodniu  aktywny tryb życia, ciężkie, regularne treningi 7 razy w tygodniu			

Wyniki wg wzoru M.D. Mifflina

podstawowa przemiana materii (PPM)

całkowita przemiana materii (CPM)

OBLICZ

RESET

Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D10E5Pzab>

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 1

Wymień dwa możliwe sposoby przyspieszenia metabolizmu.

Polecenie 2

Wyjaśnij, dlaczego restrykcyjne diety, polegające na dostarczaniu organizmowi małych ilości energii (400–800 kcal/dziennie), wpływają negatywnie na zdrowie człowieka.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz poprawne dokończenie zdania.

Metoda kalorymetrii pośredniej polega na...

- ☐ obliczeniu spożytego pokarmu na kg masy ciała.
- ☐ określeniu ilości spożytego pokarmu w określonej jednostce czasu.
- ☐ pomiarze zużytego O_2 lub produkcji CO_2 .
- ☐ wykorzystaniu kalorymetru do pomiaru oddawanego ciepła.

Ćwiczenie 2



Do podanych pojęć dobierz definicję.

Podstawowy wydatek energetyczny

Ogół reakcji chemicznych zachodzących w organizmach jedno- i wielokomórkowych. Niektóre z nich wymagają dostarczania energii w postaci ATP – w ich wyniku powstają złożone związki. Inne polegają na uwolnieniu energii zmagazynowanej w wiązaniach chemicznych w wyniku rozpadu złożonych związków.

Metabolizm

Stosunek wytwarzanego dwutlenku węgla do pobranego tlenu.

Spoczynkowa przemiana materii

PPM mierzona po 12-godzinnyim spoczynku (na czczo).

Współczynnik oddechowy (RQ)

Tempo metabolizmu; energia uwalniana podczas reakcji katabolicznych wykorzystywana do podstawowych procesów życiowych oraz wysiłku fizycznego.

Ćwiczenie 3



Zaznacz prawdziwą informację.

- ☐ Współczynnik oddechowy jest stosunkiem zużycia O_2 do produkcji CO_2 .
- ☐ Energia zmagazynowana w wiązaniach chemicznych związków złożonych uwalniania jest w wyniku procesów anabolicznych.
- ☐ Czynniki wpływającymi na tempo metabolizmu, które mogą być kontrolowane przez człowieka, są dieta i wysiłek fizyczny.
- ☐ Podstawowa przemiana materii określa średni poziom metabolizmu na dobę.

Ćwiczenie 4



Uzupełnij poniższy tekst prawidłowymi określeniami.

Tempo przemiany materii zależy m.in. od wieku, płci oraz zawartości tkanki mięśniowej.

U mężczyzn stwierdza się metabolizm w porównaniu z kobietami. U obu płci tempo przemiany materii spowalnia wraz ze wzrostem masy ciała , a przyspiesza wraz ze wzrostem tkanki mięśniowej .

Ćwiczenie 5



Dopasuj przykłady reakcji metabolicznych do odpowiednich kategorii.

Reakcje anaboliczne

oddychanie tlenowe

fermentacja alkoholowa

oddychanie beztlenowe

Reakcje kataboliczne

glikogenogeneza

glukoneogeneza

Ćwiczenie 6



Oceń poprawność poniższych stwierdzeń.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Podstawowa przemiana materii jest średnią wartością tempa metabolizmu uzyskanego z 5-krotnego pomiaru dobowego.	☐	☐
Spoczynkowa przemiana materii określana jest na czczo po 12-godzinym spoczynku.	☐	☐
Intensywność metabolizmu jest odwrotnie proporcjonalna do wielkości zwierzęcia, a wprost proporcjonalna do jego powierzchni.	☐	☐
Intensywność metabolizmu wzrasta wraz z wiekiem.	☐	☐

Ćwiczenie 7



Oblicz swoje PPM. Obliczenia zapisz poniżej.

Ćwiczenie 8



W chorobie Hashimoto występuje niedoczynność tarczycy. Schorzenie to polega na wzmożonym wydzielaniu tyreotropiny (TSH), co prowadzi do zahamowania wydzielania wolnej tyroksyny (FT4) oraz wolnej trójjodotyroniny (FT3) przez tarczycę. Hormony te wpływają na metabolizm podstawowy organizmu.

Przeczytaj powyższy tekst, a następnie określ, w jaki sposób zmienia się tempo metabolizmu u osób z chorobą Hashimoto oraz jakie to niesie ze sobą skutki.

Dla nauczyciela

Autor: Daria Reczyńska

Przedmiot: biologia

Temat: Tempo przemiany materii i czynniki na niego wpływające

Grupa docelowa: uczniowie II etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

XI. Funkcjonowanie zwierząt.

1. Podstawowe zasady budowy i funkcjonowania organizmu zwierzęcego. Uczeń:

7. wykazuje związek między wielkością, aktywnością życiową, temperaturą ciała a zapotrzebowaniem energetycznym organizmu.

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne (językiem ucznia):

- Omówisz typy reakcji metabolicznych.
- Wyjaśnisz, w jaki sposób oblicza się tempo przemiany materii.
- Wskażesz czynniki wpływające na tempo przemiany materii.
- Przedstawisz sposoby przyspieszenia i spowolnienia przemian metabolicznych.

Strategie nauczania:

- nauczanie wyprzedzające;
- konstruktywizm;
- konektywizm;
- WebQuest.

Metody i techniki nauczania:

- odwrócona klasa;
- burza mózgów;
- drzewo decyzyjne;
- praca z materiałem źródłowym z e-podręcznika;
- ćwiczenia przedmiotowe;
- mapa myśli.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

- drzewo decyzyjne;
- magnesy;

- markery;
- komputer, głośniki.

Przebieg zajęć:

Przed lekcją

Nauczyciel prosi uczniów o wyszukanie w dostępnych źródłach informacji na temat pięciu dowolnych diet odchudzających. Uczniowie mają za zadanie dowiedzieć się, na czym one polegają (m.in. co jest wskazane, co jest wykluczone z jadłospisu, jak długo się stosuje dietę).

Faza wstępna

1. Nauczyciel rozpoczyna burzę mózgów, mówiąc: „Tysiące lat temu otyłość była symbolem płodności i świadczyła o wysokim statusie materialnym, a nawet stała się kanonem piękna. Świadectwem tego są liczne dzieła malarskie przedstawiające ludzi o rubensowskich kształtach. Obecnie wiadomo, że otyłość prowadzi do wielu chorób. Jedną z przyczyn nadmiernego odkładania się tkanki tłuszczowej jest nieprawidłowe odżywianie. Dlatego od XX w. zaczęto opracowywać i reklamować wiele różnych diet. Jakie diety są wam znane z telewizji, radia czy gazet? Na czym one polegają?”
2. Nauczyciel przedstawia uczniom temat i cele lekcji.

Faza realizacyjna

1. Nauczyciel wiesza przygotowane wcześniej drzewo decyzyjne na temat: „Czy warto stosować diety reklamowane w mass mediach?”. Uczniowie wspólnie uzupełniają drzewo decyzyjne. Nauczyciel sprawdza poprawność odpowiedzi, udziela podpowiedzi oraz koryguje ewentualne błędy. Na koniec zadaje pytanie: „W jaki inny sposób możemy kontrolować wygląd naszej sylwetki?”
2. Nauczyciel wskazuje rodzaj diety i aktywność fizyczną jako czynniki wpływające na sylwetkę, które mogą być kontrolowane przez człowieka. Wyjaśnia, że otyłość

spowodowana jest zwolnionym tempem metabolizmu, na który wpływ mają również inne, niezależne od człowieka czynniki.

3. Uczniowie oglądają symulację interaktywną dotyczącą wpływu hormonów tarczycy na metabolizm, a następnie rozwiązują polecenia 1 i 2. Następnie zapoznają się z materiałem źródłowym zamieszczonym w sekcji „Przeczytaj”. Na jego podstawie wspólnie tworzą mapę myśli, rozpoczynając od hasła „Tempo przemiany materii”.

Faza podsumowująca

1. Uczniowie samodzielnie rozwiązują interaktywne ćwiczenia wskazane przez nauczyciela.
2. Nauczyciel ocenia pracę uczniów.

Praca domowa:

Uczniowie wykonują ćwiczenia interaktywne nr 7 i 8 zawarte w e-materiale. Przygotowują uzasadnienia poprawnych odpowiedzi.

Materiały pomocnicze:

Załącznik 1. Drzewo decyzyjne

Plik o rozmiarze 164.27 KB w języku polskim

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania symulacji interaktywnej:

Symulacja interaktywna może również zostać wykorzystana na lekcji dotyczącej roli hormonów.